



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.02.2019 Patentblatt 2019/09

(51) Int Cl.:
G01N 21/3554 ^(2014.01) **G01N 21/47** ^(2006.01)
G01N 21/552 ^(2014.01) **G01N 21/55** ^(2014.01)

(21) Anmeldenummer: **17188019.8**

(22) Anmeldetag: **25.08.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **DAW SE**
64372 Ober-Ramstadt (DE)

(72) Erfinder:
• **KRAMBERGER, Helge**
64297 Darmstadt (DE)

• **BISHARA, Ayman**
01069 Dresden (DE)
• **SEIBEL, Michael**
64646 Heppenheim (DE)
• **EBERHARDT, Bernd**
64807 Dieburg (DE)

(74) Vertreter: **Metten, Karl-Heinz**
Boehmert & Boehmert
Anwaltspartnerschaft mbB
Pettenkoferstrasse 22
80336 München (DE)

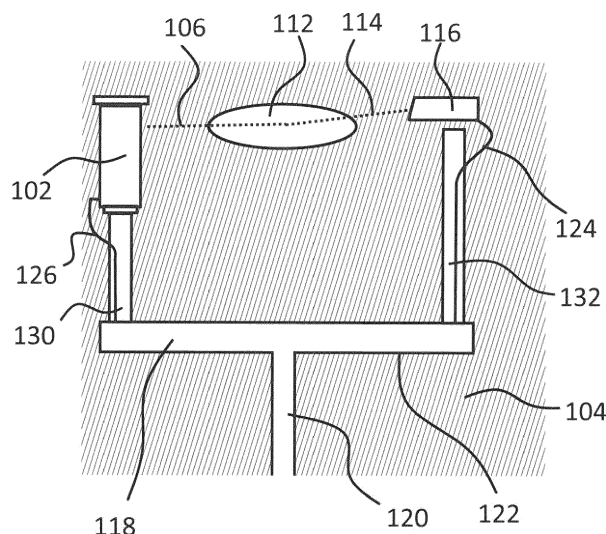
Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER OBERFLÄCHENFEUCHTIGKEIT UND MESSEINRICHTUNG FÜR DAS VERFAHREN**

(57) Verfahren zur Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit an einer Oberfläche, insbesondere von Gebäudefassaden, in einem Oberflächenbereich (112) unter Nutzung der Reflexion und/oder Streuung, insbesondere Totalreflexion, von Licht. Die Erfindung betrifft auch Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden, insbesondere

für Fassaden, bevorzugt im Außenbereich, umfassend eine Lichtquelle (102) und einen Lichtsensor (116) und eine Tragevorrichtung (120) für die Lichtquelle (102) und den Lichtsensor (116). Auch betrifft die Erfindung Verwendung der besagten Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit der Oberfläche eine Gebäudefassade



Figur 3

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit an einer Oberfläche, insbesondere von Gebäudefassaden oder Bauwerken. Die Erfindung betrifft ferner eine Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass Gebäudefassaden feucht werden. Häufig ist dies auf die Kondensation von Feuchtigkeit zurückzuführen. Es kann aber auch durch ein Regenereignis verursacht werden. Mit der Feuchtigkeit gehen verschiedene Probleme einher; unter anderem können Fassadenschäden auftreten oder es droht der Befall mit Mikroorganismen, Algen und/oder Schimmel. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Wärmedämmung der Fassade sehr gut ist, so dass die Erwärmung des Gebäudes im Innenbereich nicht zu einer signifikanten Erwärmung der Fassade führt. Eine signifikante Erwärmung der Fassade führt zum schnelleren Abtrocknen der Fassade und somit zum Abwehr besagter Gefahren wie z.B. dem Wassereintrag in das Fassadensystem. Um die Randbedingungen, die zu Problemen an der Fassade führen, besser einschätzen zu können, ist es hilfreich, Informationen über die Umgebung der Algen oder des Schimmels zu erhalten. Dies betrifft beispielsweise die Feuchtigkeit, den Aufbau der Fassade und die Temperatur.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren bekannt, die Eigenschaften von Fassaden messen, welche grundsätzlich einen Einfluss auf den Algen- oder Schimmelbefall haben können.

[0004] Die DE 37 24 160 A1 offenbart Verfahren zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit von Außenwänden und anderweitigen Bauwerksbedingungen und/oder der schlechten Durchlüftung von Wohn- oder gewerblich genutzten Räumen, wobei an der Außenwand, raumseits, die Oberflächentemperatur gemessen und zusammen mit den sich aus der Außen- und Raumtemperatur theoretisch ergebenden Werten die Verdunstungskälte oder Kondensationswärme in bzw. an der Wand bestimmt wird.

[0005] In der DE 195 20 035 C1 ist die berührungslose Messung der Feuchte von Objekten auf der Basis eines Filterdifferenzverfahrens offenbart. Durch die Verwendung eines abbildenden infrarot-empfindlichen Aufnahmesystems gelingt eine flächenhafte Bestimmung der Feuchte auf an sich beliebigen Objektoberflächen, auch hinter einer Folienschicht oder IRtransparenten Medien, mittels indirekter Sondierung. Hierbei wird die Absorption von IR-Strahlung durch Wasser genutzt, um ein Bild der Wassermenge zu erhalten.

[0006] Die DE102007049285 A1 offenbart einen lichtoptischen Feuchte-Sensor, wobei eine Lichtquelle und ein Lichtempfänger in einer kompakten, robusten Sensoreinheit mit wasserdurchlässiger Hülle im Baukörper bei der Errichtung verbaut bzw. in das Volumen eines bestehenden Bauteils eingebracht wird und der langzeit-

lichen, wartungsfreien Feuchtemessung am positionierten Ort ohne nachteiligen Einfluss von gelösten Salzen und Temperatur Schwankungen dient.

[0007] Die DE 197 52 572 A1 betrifft Verfahren zum berührungslosen Prüfen von Betonkonstruktionen wie Brücken- und Tunnelbauwerken auf Fehler, beispielsweise auf Hohlräume in Spannbetonkabeln, Hohlräume hinter Tunnelwandungen, Feuchtigkeit innerhalb des Betons oder dergleichen, durch Einsatz von Infrarotstrahlung, wobei das Messen und die Fehlerbestimmung durch Reflexionsänderungen von auf die Oberfläche auftreffenden gepulsten Energiestrahlen einer Energiequelle durchgeführt wird. Hierbei wird die Oberfläche mit einer Kamera abgetastet, wobei das zurückgeworfene Signal analysiert wird. Verändert sich das Signal, kann auch Unregelmäßigkeiten unterhalb der Oberfläche zurückgeschlossen werden. Eine Untersuchung der Oberfläche ist hingegen nicht Gegenstand der DE 197 52 572.

[0008] Die DE 40 40 101 A1 offenbart ein Materialfeuchtemessverfahren, wobei ein von einer ersten Quelle für elektromagnetische Strahlung bekannter Leistung ausgehender Aufheizstrahl auf einen Messfleck an der Probenoberfläche des zu untersuchenden Festkörpers während einer vorgegebenen Zeitspanne gerichtet und dabei ein definiertes Wärmeenergiequantum vom Festkörper absorbiert wird, so dass sich erwärmungsbedingt in der an den Messfleckbereich angrenzenden Atmosphäre eine Dampfblase ausbildet und wobei mit einem von einer zweiten Quelle für elektromagnetische Strahlung bekannter Leistung ausgehenden Messstrahl, der wenigstens auf einer Teillänge angenähert parallel zur Probenoberfläche geführt wird, die Dampfblase durchstrahlt und der aus der Dampfblase austretende Messstrahl auf einen Sensor geworfen wird, wobei die mit dem Sensor gemessene Restintensität des beim Durchdringen der Dampfblase geschwächten Messstrahls ein Maß für die Dampfdichte und damit für den Feuchtegehalt des untersuchten Körpers ist.

[0009] Es wurde festgestellt, dass die bisher bekannten Verfahren und Messeinrichtungen nicht in hinreichendem Maße geeignet sind, die Oberflächenfeuchtigkeit trotz der unvermeidbaren Störfaktoren genau zu bestimmen. Oftmals wird auch nur die Feuchtigkeit innerhalb des Materials gemessen und nicht an der Oberfläche. Obgleich auch Feuchtigkeit innerhalb der Fassade auftreten kann, ist für die vorstehend genannte Gefahr des Befalls mit Mikroorganismen, Algen oder Schimmel maßgeblich, wie viel Feuchtigkeit außen an der Oberfläche der Fassade adsorbiert ist. Nur an der Oberfläche finden Mikroorganismen, Algen oder Schimmel im Regelfall geeignete lebensnotwendige Bedingungen vor.

[0010] Aus dem Stand der Technik sind Verfahren bekannt, bei welchen die Feuchtigkeit der Oberfläche bestimmt wird, indem mittels eines saugfähigen Gewebes, dessen Trockengewicht bekannt ist, das Oberflächenwasser abgenommen wird. Anschließend wird der Gewichtszuwachs gemessen, um die Menge an Feuchtigkeit zu ermitteln. Das Verfahren ist aufwendig und wenig

präzise und kann zu einer Veränderung der Oberflächenstruktur führen.

[0011] Es besteht daher ein Bedarf an einem Messverfahren, mit welchen die Feuchtigkeit an Oberflächen von Gebäudefassaden einfach, kontaktlos und zuverlässig, d.h. reproduzierbar und ohne mechanische Beeinträchtigung der Oberfläche bestimmt werden kann. Ein Problem bei solchen Messungen ist, dass Sensoren durch Sonnenlicht oder Wetterbedingungen negativ beeinträchtigt werden können. Ferner kann die Rauigkeit der Oberfläche das Signal verfälschen.

[0012] Die Aufgabe der Erfindung war es, die vorstehend genannten Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und ein Verfahren zur Messung und/oder Beobachtung der Oberflächenfeuchtigkeit sowie eine zugehörige einfach einzusetzende Messeinrichtung bereitzustellen. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Messeinrichtung bereitzustellen, mit welchem sich im Außeneinsatz beobachten lässt, wie sich die Feuchtigkeit einer Oberfläche unter Umweltbedingungen verändert, insbesondere in Abhängigkeit von Klima und Wetter.

[0013] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur, insbesondere kontaktlosen, Messung und/oder Beobachtung der Oberflächenfeuchtigkeit, insbesondere von Gebäudefassaden, in einem Oberflächenbereich, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

a) Anordnung einer Lichtquelle, insbesondere einer Infrarot-Lichtquelle, beabstandet von der Oberfläche, so dass der Strahlengang eines einfallenden Lichtstrahls, der durch die Lichtquelle erzeugt wird, unter einem Einfallswinkel α auf den Oberflächenbereich trifft, insbesondere unter Einsatz der Messeinrichtung, wie sie nachstehend beschrieben wird,

b) Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, des einfallenden Lichtstrahls an einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an dem Oberflächenbereich haftet, unter einem Streu- und/oder Reflexionswinkel β , insbesondere mit einem Streuungs- und/oder Reflexionsgrad, so dass der Strahlengang eines reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls mit einer Lichtintensität ausgebildet wird,

c) Detektion des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls durch einen Lichtsensor, welcher im Strahlengang des reflektierten und/oder gestreuten, insbesondere totalreflektierten, Lichtstrahls angeordnet ist,

d) Auswertung des Ausgabesignals des Lichtsensors, insbesondere durch eine Datenverarbeitungseinrichtung, wobei der Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder dem Reflexions- und/oder Streuungsgrad eine Oberflächenfeuchtigkeit, insbesondere quantitativ, zuge-

ordnet wird, insbesondere wobei einer höheren Lichtintensität und/oder einem höheren Reflexions- und/oder Streuungsgrad eine höhere Oberflächenfeuchtigkeit und einer niedrigeren Lichtintensität und/oder einem niedrigeren Reflexions- und/oder Streuungsgrad eine niedrigere Feuchtigkeit zuzuordnen ist, und/oder

wobei die Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit über eine Änderung der Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder des Reflexions- und/oder Streuungsgrades, insbesondere qualitativ, verfolgt wird, insbesondere wobei einer höheren Lichtintensität und/oder einem höheren Reflexions- und/oder Streuungsgrad eine höhere Oberflächenfeuchtigkeit und einer niedrigeren Lichtintensität und/oder einem niedrigeren Reflexions- und/oder Streuungsgrad eine niedrigere Feuchtigkeit zuzuordnen ist.

[0014] Es hat sich gezeigt, dass mithilfe des vorstehend beschriebenen Verfahrens die Oberflächenfeuchtigkeit über die Menge an gestreutem und/oder reflektiertem, insbesondere totalreflektiertem, Licht bestimmt und verfolgt werden kann, insbesondere der Bedeckungsgrad der Oberfläche mit Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser. Es wird dabei nicht die Absorption von Licht durch die Flüssigkeitsmoleküle bestimmt, sondern die Streuung und/oder die reflektierende Eigenschaft der Grenzfläche von Flüssigkeit, insbesondere Wasser, zur Luft zur Messung verwendet. Hierbei wird die Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, genutzt, um Rückschlüsse auf die Menge an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, zu erlauben. Dies bedeutet auch, dass Bereiche, die mit viel Flüssigkeit, insbesondere Wasser, vollständig bedeckt sind, ähnliche Eigenschaften haben können, wie Bereiche, die mit wenig Flüssigkeit, insbesondere Wasser, vollständig bedeckt sind. Für die Menge an gestreutem und/oder reflektiertem Licht kommt es vorrangig darauf an, wie viel der Oberfläche mit Flüssigkeit bedeckt ist und nicht so sehr wie hoch die Flüssigkeit steht, wobei ein höherer Bedeckungsgrad mit einem mehr gestreuten und/oder reflektierten Licht einhergeht. Gleichwohl ist eine Bestimmung der Menge an Flüssigkeit denkbar, solange die Flüssigkeit nicht zu hoch auf der Oberfläche steht. Denn zwischen Bedeckungsgrad und der Menge an Flüssigkeit besteht üblicherweise eine Korrelation. Es hat sich gezeigt, dass mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren besonders zuverlässig die Oberflächenfeuchtigkeit auch von rauen Oberflächen bestimmt werden kann. Herkömmlich Verfahren nutzten andere Techniken, beispielsweise Absorptionsmessungen mit Licht. Dennoch ist das Ergebnis einer solchen Messung überraschenderweise zuverlässiger, insbesondere auf Basis der Totalreflexion, als eine herkömmliche Lichtabsorptionsmessung oder Wärmebildmessung von Wasser mit Infrarotstrahlung - zumindest was die Bestimmung der Feuchtigkeit an der Oberfläche betrifft. Die Oberflächenfeuchtigkeit im Sinne der vorliegenden Erfindung ist vorzugsweise ein Maß für die

Menge einer Flüssigkeit an der Oberfläche und/oder den Bedeckungsgrad der Oberfläche mit Flüssigkeit, insbesondere für den Bedeckungsgrad mit Wasser.

[0015] In Schritt d) ist die Auswertung des Ausgabesignals des Lichtsensors, wobei der Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder dem Reflexions- und/oder Streuungsgrad eine Oberflächenfeuchtigkeit, insbesondere durch eine Datenverarbeitungseinrichtung, zugeordnet wird, möglich. Vorzugsweise erfolgt diese Auswertung, indem ein in Schritt c) bestimmter Messwert des Lichtsensors mit mindestens einem bestimmten Referenzwert abgeglichen wird. Die Referenzwerte können auf verschiedene Arten bestimmt werden, beispielsweise durch gezieltes und kontrolliertes Befeuchten einer Wand durch den Anbieter des Verfahrens in eigenen Versuchen auf dem Werksgelände oder durch gezieltes und kontrolliertes Befeuchten der zu vermessenden Wand durch den Nutzer vor Ort. Auch eine Parallelbestimmung mit herkömmlichen Verfahren zu Referenzwertermittlung ist denkbar. Hierbei wird ein Messwert der Lichtintensität des reflektierten Lichts und/oder der Reflexions- und/oder Streuungsgrad gemessen und die zugehörige anderweitig bestimmte oder durch die kontrollierte Aufbringung bekannte Oberflächenfeuchtigkeit mit dem Messwert korreliert. Mehrfachmessungen zur Fehlerreduzierung sind denkbar. Der Messwert und die zugehörige Oberflächenfeuchtigkeit stellen einen Referenzwert dar, wobei weitere Referenzwerte in analoger Weise bestimmt werden können. Über besagte Referenzwerte kann die Oberflächenfeuchtigkeit, insbesondere die Menge an Flüssigkeit und/oder der Bedeckungsgrad mit Flüssigkeit, mit den Messwerten des Lichtsensors quantitativ bestimmt werden.

[0016] In Schritt d) ist alternativ oder zusätzlich vorgesehen, dass eine Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit über eine Änderung der Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder des Reflexions- und/oder Streuungsgrades beobachtet, insbesondere verfolgt, wird. Auch hier ist es möglich, wie vorstehend beschrieben, die Oberflächenfeuchtigkeit quantitativ zu bestimmen. Allerdings ist es auch denkbar, die zeitliche Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit über die Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder über den Reflexions- und/oder Streuungsgrad ohne quantitative Bestimmung qualitativ zu verfolgen. Eine höhere Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls geht regelmäßig mit einer höheren Oberflächenfeuchtigkeit einher und ein niedriger Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls mit einer niedrigeren Oberflächenfeuchtigkeit. Demgemäß kann die relative Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit qualitativ beobachtet und verfolgt werden, ohne dass die Menge einer Flüssigkeit an der Oberfläche und/oder der Bedeckungsgrad der Oberfläche mit Flüssigkeit quantitativ bestimmt werden. Optional kann eine qualitative Messung zusätzlich erfolgen. Oftmals sind derartige qualitative Bestimmungen für Anwendungen wichtig, bei welchen bekannt sein muss, wie

häufig und zu welchen Zeitpunkten eine Oberfläche mit Oberflächenfeuchtigkeit belastet ist. In diesem Fall ist es beispielsweise denkbar, zu einem Zeitpunkt, zu welchem die Belastung hoch ist, ein Biozid aufzubringen. Für eine solche qualitative Anwendung sind Referenzwerte und eine quantitative Messung entbehrlich.

[0017] Vorzugsweise ist eine Messung im Sinne der vorliegenden Erfindung eine quantitative und/oder qualitative Messung, wie sie vorstehend beschrieben wurde, und eine Beobachtung im Sinne der vorliegenden Erfindung eine qualitative und/oder quantitative Verfolgung der zeitlichen Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit über eine zeitlich begrenzt andauernde Aufzeichnung der Messwerte des Sensors, insbesondere in Form von Einzelmessungen in regelmäßigen Zeitabständen.

[0018] Die Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls kann sich auf den gesamten spektralen Wellenbereich des Lichts beziehen. Vorzugsweise ist jedoch die Lichtintensität im Sinne der Erfindung, die Intensität des Lichtstrahls, die vom Lichtsensor erfasst wird. Wird beispielsweise ein Infrarotfilter, der nur infrarotes Licht durchlässt, verwendet, bezieht sich Lichtintensität vorzugsweise auch nur auf dieses tatsächlich erfasste Licht. Selbiges gilt, falls der Sensor nur bestimmte Wellenlängen detektieren kann.

[0019] Vorzugsweise ist die Lichtquelle eine Pulslichtquelle und der Lichtsensor weist einen Filter oder eine Datenverarbeitungseinrichtung zur Filterung auf oder ist mit einer Datenverarbeitungseinrichtung zur Filterung verbunden, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung und/oder der Filter die Pulsfrequenz nutzt, um das Pulssignal von kontinuierlichen Signalen, insbesondere Tageslicht, zu trennen, vorzugsweise mittels eines elektronischen Filters. Es hat sich gezeigt, dass das kontinuierliche Sonnenlicht die Messung weniger stört, wenn zur Messung Pulslichtquellen, insbesondere mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, vorzugsweise 5 kHz bis 150 kHz, insbesondere bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, verwendet werden, um das Signal der Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, vom Sonnenlicht zu unterscheiden. Pulstechniken werden gelegentlich auch zum Abtasten von Oberflächen eingesetzt, was für die vorliegende Erfindung nur ein Nebenaspekt ist. In einer Ausgestaltung wird keine Oberfläche abgetastet, sondern das Pulssignal trifft immer auf denselben Oberflächenbereich, d.h. die Ausrichtung der Lichtquelle ist fixiert und ändert sich nicht. Auch wird der Oberflächenbereich durch eine Pulslichtquelle weniger erwärmt.

[0020] Die Lichtquelle kann grundsätzliche jegliche Art von elektromagnetischer Strahlung abgeben. Licht im Sinne der vorliegenden Erfindung ist grundsätzlich auf keinen Wellenbereich eingeschränkt. Vorzugsweise handelt es sich jedoch um elektromagnetische Strahlung außerhalb des Wellenlängenbereichs von 380 bis 750 nm, insbesondere mit einer Wellenlänge von, insbesondere überwiegend, mehr als 750 nm. Beispielsweise kann es sich um Radarwellen handeln. Vorzugsweise gibt die Lichtquelle überwiegend eine Strahlung im Wel-

lenbereich von 250 nm bis 50 μm ab, insbesondere überwiegend eine Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere 820 nm bis 1,5 μm , vorzugsweise 840 nm bis 1,2 μm . Infrarotstrahlung hat sich überraschenderweise als besonders geeignet für Wasser erwiesen.

[0021] In einer Ausgestaltung des Verfahrens ist es vorgesehen, dass in einem Schritt e1) und/oder e2), der nach dem Schritt d) erfolgt, wobei Schritt e1) und/oder e2) folgendermaßen lautet

- e1) vorzugsweise Nutzung von Ergebnissen der Auswertung des Ausgabesignals nach Schritt d) zur Bestimmung des Zeitpunkts und/oder der Menge der Aufbringung eines Biozids auf den Oberflächenbereich und/oder die Oberfläche,
- e2) vorzugsweise Nutzung von Ergebnissen der Auswertung des Ausgabesignals nach Schritt d) zur Bestimmung von baulichen Maßnahmen, insbesondere der Veränderung der Oberfläche, vorzugsweise durch Aufbringung einer Beschichtung und/oder einem Material.

[0022] Bei der Beschichtung kann es sich beispielsweise um eine Farbe mit wasserabweisender Wirkung handeln. Bei dem Material kann es sich beispielsweise um ein Dämmmaterial handeln.

[0023] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung ist die Lichtquelle eine Infrarotlichtquelle und der Lichtsensor umfasst mindestens einen optischen Filter, insbesondere um Tageslicht im Wesentlichen vollständig oder überwiegend herauszufiltern. In einer Ausführungsform handelt es sich um einen Tageslicht-Sperrfilter, d. h. einen Filter der dazu ausgelegt und eingerichtet ist, Tageslicht nicht durchzulassen. Vorzugsweise wird Tageslicht zu mindestens 75 %, insbesondere zu mindestens 85 %, vorzugsweise zu mindestens 95 %, herausgefiltert. Auch bevorzugt ist ein Infrarotfilter, d. h. ein Filter der ausgelegt und eingerichtet ist, vorwiegend nur Infrarotlicht durchzulassen, insbesondere Infrarotlicht mit einer Wellenlänge von mindestens 780 nm. Ganz besonders bevorzugt sind auch Filterkombinationen, d. h. Kombinationen mehrere optischer Filter, die die vorstehend genannte Wirkung erzielen. Bevorzugt sind Tageslicht-Sperrfilter-Kombinationen, d. h. eine Filterkombination, die dazu ausgelegt und eingerichtet ist, Tageslicht nicht durchzulassen. Vorzugsweise wird Tageslicht zu mindestens 75 %, insbesondere mindestens 85 %, vorzugsweise mindestens 95 %, durch die Filterkombination herausgefiltert. Auch bevorzugt ist eine Infrarot-Filterkombination, d. h. eine Filterkombination die ausgelegt und eingerichtet ist, vorwiegend nur Infrarotlicht durchzulassen. Es hat sich gezeigt, dass hier weniger Störsignale vorhanden sind, insbesondere wenn ein Infrarotfilter oder ein Tageslicht-Sperrfilter bzw. entsprechende Kombinationen, wie vorstehend beschrieben, eingesetzt wird. Vorzugsweise weist der Lichtsensor einen Signalverstärker auf, der mit mindestens einem optischen Filter oder

einer Filterkombination kombiniert wird.

[0024] Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass der Lichtsensor auf einen Wellenlängenbereich abgestimmt ist, insbesondere den Wellenlängenbereich der Lichtquelle.

[0025] Eine Infrarotlichtquelle ist eine Lichtquelle, welche Infrarotlicht abgibt. Vorzugsweise handelt es sich um eine Lichtquelle, welche überwiegend Infrarotlicht abgibt, d. h. mindestens 50 % der erzeugten Photonen liegen in dem Spektralbereich von 780 nm bis 1 mm. Ganz besonders bevorzugt liegen mindestens 75 %, insbesondere mindestens 85 %, insbesondere bevorzugt mindestens 95 %, der Photonen in besagtem Spektralbereich oder - noch besser - im nahen Infrarot von 780 nm bis 1,4 μm .

[0026] In einer Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass das Licht der Lichtquelle neben Infrarotlicht auch sichtbares Licht umfasst, insbesondere im Spektralbereich von 600 bis 780 nm, vorzugsweise jedoch nur ein Anteil von weniger als 50 %, insbesondere weniger als 25 %, insbesondere bevorzugt weniger als 10 %, der Photonen. Es hat sich gezeigt, dass dies bei der Ausrichtung der Lichtquelle hilfreich sein kann.

[0027] In einer Ausgestaltung des Verfahrens ist es vorgesehen, dass die Temperatur der Messstelle bestimmt wird, insbesondere mit einem berührungsfreien Infrarot-Thermometer. Hierbei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn diese Messung zu einem Zeitpunkt erfolgt, zu dem die Lichtquelle nicht aktiviert ist, um den Temperaturwert möglichst wenig zu beeinträchtigen. Vorzugsweise wird die Temperatur der Messstelle kurz vor der Feuchtigkeitsbestimmung gemessen.

[0028] Wenn der einfallenden Lichtstrahl auf die Oberfläche, insbesondere den Oberflächenbereich, trifft, ist, der Einfallswinkel α der Winkel zwischen dem Lichtstrahl zum Lot auf diese Fläche, wobei das Lot definitionsgemäß orthogonal zu der Oberfläche, insbesondere dem Oberflächenbereich ausgerichtet ist. Der Streu- und/oder Reflexionswinkel β definiert sich auf gleiche Art - nach Durchlaufen der Trennfläche, d. h. es ist der Ausfallwinkel zwischen gestreutem und/oder reflektiertem Lichtstrahl, insbesondere reflektiertem Lichtstrahl, und dem vorstehend genannten Lot auf dieser Fläche.

[0029] In einer Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass der Streu- und/oder Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Streu- und/oder Reflexionswinkels β nicht mehr als 15°, ganz besonders bevorzugt nicht mehr als 10°, beträgt.

[0030] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass der Streu- und/oder Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als 48,6°, ganz besonders bevorzugt größer als 60°, vorzugsweise größer als 65°, insbesondere bevorzugt größer 75°, sind.

[0031] Vorzugsweise entspricht der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α beträgt nicht mehr als 15°, insbesondere nicht mehr als 10°. Dies entspricht der Reflexion an einer ebenen Oberfläche. Es hat

sich gezeigt, dass die Anordnung von Lichtquelle und Lichtsensor optimal ist, wenn die vorstehende Bedingung erfüllt ist. In besagte Richtung wird erfahrungsgemäß - selbst bei unebenen Oberflächen - das meiste Licht reflektiert. Auch ist es einfacher, das System korrekt einzustellen, wenn die vorstehende Bedingung erfüllt ist.

[0032] Vorzugsweise sind der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α , insbesondere zumindest der Einfallswinkel α , größer als 45° , insbesondere größer als $48,6^\circ$, vorzugsweise größer als 60° , insbesondere bevorzugt größer als 65° . Wenn der Winkel größer als besagte Werte gewählt wird, treten die Bedingungen einer Totalreflexion verstärkt auf, wobei hier Unebenheiten der Oberfläche eine Rolle spielen können. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass die Messung bei einer Totalreflexion besonders zuverlässig ist.

[0033] In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung ist der Abstand zwischen Lichtquelle und Lichtsensor größer als die jeweiligen Abstände von Lichtquelle und Lichtsensor zur Oberfläche, insbesondere um ein Vielfaches größer. Es hat sich gezeigt, dass dies ebenfalls zu verbesserten Messergebnissen führt. So werden einerseits Umweltbedingungen an der Messstelle nicht beeinflusst und andererseits kann die Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, sichergestellt werden.

[0034] Vorzugsweise ist der Abstand von Lichtquelle und Lichtsensor zur Oberfläche kleiner als 50 cm, insbesondere kleiner als 30 cm, vorzugsweise im Bereich von 5 bis 25 cm. In diesem Abstand wird das Licht in optimaler Weise seitlich eingestrahlt.

[0035] Es hat sich ferner als vorteilhaft erwiesen, wenn die Bestrahlung mit dem Lichtstrahl von kurzer Dauer ist. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass bereits nach kurzer Zeit eine zuverlässige Messung erhalten lässt, wobei besonders vorteilhaft ist, dass die Feuchtigkeit der Wand nicht durch die Messung beeinträchtigt wird. Bei längeren Messungen, insbesondere mit Infrarotstrahlung, findet eine Wärmeübertragung durch den Lichtstrahl statt, welche die Wand trockener werden lässt. Dies kann die Messung und insbesondere auch zukünftige Messungen verfälschen. Es hat sich gezeigt, dass die Messdauer einer Messung vorzugsweise 0,01 bis 1800 Sekunden, insbesondere 0,1 bis 60 Sekunden, ganz besonders bevorzugt 0,1 bis 30 Sekunden, beträgt.

[0036] Vorzugsweise ist die Oberfläche die Oberfläche einer Gebäudefassade, insbesondere einer Gebäudefassade mit einer Oberfläche umfassend Putz, insbesondere Mineralputz.

[0037] Gelöst wird die Aufgabe ferner durch eine Messeinrichtung für die Messung und/oder Beobachtung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden, insbesondere für Fassaden, bevorzugt im Außenbereich, umfassend eine Lichtquelle und einen Lichtsensor und eine Tragevorrichtung für die Lichtquelle und den Lichtsensor.

[0038] Vorzugsweise ist es in einer Ausgestaltung vorgesehen, dass die Tragevorrichtung so an einer feuchten

Gebäudefassade anordnenbar ist, dass der Lichtstrahl der Lichtquelle an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird und nach einer Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, auf den Lichtsensor trifft, und wobei die Lichtquelle überwiegend Infrarotstrahlung abgibt und/oder eine Pulslichtquelle ist.

[0039] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Lichtquelle an einem ersten Arm der Tragevorrichtung befestigt und der Lichtsensor an einem zweiten Arm der Tragevorrichtung befestigt, wobei die Tragevorrichtung so an einer feuchten Gebäudefassade anordnenbar ist.

[0040] Alternativ oder zusätzlich ist es bevorzugt, wenn die Tragevorrichtung eine Platte umfasst, an welcher die Lichtquelle befestigt ist. Alternativ oder zusätzlich hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn die Tragevorrichtung ein Gitter, insbesondere ein Metallgitter, umfasst, an welcher die Lichtquelle und/oder der Lichtsensor befestigt sind.

[0041] In einer besonders geeigneten Ausgestaltung sind die Lichtquelle und/oder der Lichtsensor in eine Tragevorrichtung integriert, insbesondere wobei die Tragevorrichtung ein Gehäuse, vorzugsweise ein Gehäuse mit einer Höhe, einer Tiefe und einer Breite ist, wobei die Breite länger als die Höhe und die Tiefe ist und das Gehäuse mindestens eine Öffnung für die Lichtquelle und/oder mindestens eine Öffnung für den Lichtsensor umfasst, insbesondere wobei mindestens eine Breitseite des Gehäuses Öffnungen für die Lichtquelle und/oder den Lichtsensor bzw. den Lichtstrahl aufweist.

[0042] Vorzugsweise kann die Tragevorrichtung freistehend an der Wand angeordnet werden, insbesondere wobei die Tragevorrichtung eine Halterung umfasst, welche es erlaubt, die Tragevorrichtung frei und beabstandet von der Wand aufzustellen.

[0043] Gelöst wird die Aufgabe insbesondere auch durch eine Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden, insbesondere für mineralische Rauputz-Fassaden im Außenbereich, umfassend eine Lichtquelle und einen Lichtsensor und eine Tragevorrichtung für die Lichtquelle und den Lichtsensor, wobei die Lichtquelle an einem ersten Arm der Tragevorrichtung befestigt ist und der Lichtsensor an einem zweiten Arm der Tragevorrichtung befestigt ist, wobei die Tragevorrichtung so an einer feuchten Gebäudefassade anordnenbar ist, dass der Lichtstrahl der Lichtquelle an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird und nach der Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, auf den Lichtsensor trifft, und wobei die Lichtquelle vorzugsweise überwiegend Infrarotstrahlung abgibt und/oder eine Pulslichtquelle ist.

[0044] Es hat sich gezeigt, dass mithilfe der vorstehend beschriebenen Messeinrichtung die Oberflächenfeuchtigkeit über die Menge an reflektiertem und/oder gestreutem Licht bestimmt werden kann, wie dies mit dem vorstehenden Verfahren beschrieben wurde. Das Ergebnis einer solchen Messung zur Bestimmung der

Feuchtigkeit ist, insbesondere bei Verwendung der Totalreflexion von Licht, zuverlässiger als eine herkömmliche Lichtabsorptionsmessung oder Wärmebildmessung. Die Messung kann einfach und zuverlässig mit dem vorstehend beschriebenen, insbesondere zweiar-
migen, System durchgeführt werden. Die Arme stellen vorzugsweise sicher, dass die Lichtquelle und der Lichtsensor einen geeigneten Abstand voneinander und ggf. von der Fassade haben. Auch wird sichergestellt, dass der Winkel korrekt für die Messung ist, d.h. der Strahlengang optimal für eine Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, ausgerichtet ist.

[0045] Die vorstehend genannten Messeinrichtungen werden nachstehend eingehender beschrieben. Ferner werden weitere Aspekte beschrieben, die vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens zu Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit betreffen. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung wird für die Durchführung des Verfahrens zu Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit die Messeinrichtung entsprechend der vorliegenden Offenbarung eingesetzt. Vorstehend genannte Eigenschaften des Verfahrens bilden auch vorteilhafte Eigenschaften der Messeinrichtung, soweit funktionelle oder strukturelle Merkmale betroffen sind, die auch bei der Messeinrichtung implementiert werden können.

[0046] Vorzugsweise ist die Tragevorrichtung so an einer feuchten Gebäudefassade anordnenbar, dass der Lichtstrahl der Lichtquelle an Wasser, welches an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird und nach einer Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, auf den Lichtsensor trifft, wobei Lichtquelle und Lichtsensor im Wesentlichen den gleichen Abstand zur Gebäudewand aufweisen. Ein im Wesentlichen gleicher Abstand liegt vor, wenn die Abweichung nicht mehr als 5 % beträgt.

[0047] Gebäudefassaden in Sinne der Erfindung sind vorzugsweise Fassaden im Außenbereich. Ganz besonders bevorzugt handelt es sich Fassaden, welche mit einem Putz versehen wurden. In einigen Ausgestaltungen kann die Fassade zusätzlich einen Anstrich aufweisen. Als besonders geeignet hat sich die Erfindung für mineralische Rauputz-Fassaden erwiesen. Hier lassen sich trotz der Unebenheit der Oberfläche reproduzierbare Ergebnisse erzielen.

[0048] Vorzugsweise ist die Tragevorrichtung eine Metallkonstruktion. Metallbauteile haben sich als geeignet erwiesen, um eine hinreichende Stabilität zu erzielen und gleichzeitig nah an die Wand heranzukommen.

[0049] In einigen zweckmäßigen Ausgestaltungen weist die Tragevorrichtung neben einem ersten Arm und einem zweiten Arm eine Stützeinrichtung, insbesondere umfassend Metall, auf. In einer geeigneten Ausführungsform kann es vorgesehen sein, dass die Stützeinrichtung gegenüber den Armen verstellbar ist, insbesondere so dass die Arme verschiebbar, verdrehbar oder schwenkbar sind. Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn die Stützeinrichtung mindestens ein Stand-

bein aufweist, um auf den Erdboden gestellt oder an einer Gebäudefassade befestigt zu werden. Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Verstellbarkeit der Arme nur in einem solchen Bereich möglich ist, dass sich Lichtsensor und Lichtquelle beim Verstellen immer in derselben Ebene befinden, d.h. alle Verstellpositionen lassen sich Positionen innerhalb einer gedachten mathematischen Ebene zuordnen, insbesondere wenn die Stützeinrichtung fest positioniert ist bzw. das Stützbein das Referenzsystem ist. Die Verstellung kann beispielsweise durch eine Schiene erfolgen, auf welcher die Lichtquelle und den Lichtsensor verschiebbar mit ihrem jeweiligen Arm gelagert sind.

[0050] In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Lichtquelle und der Lichtempfänger in einem Gerät integriert. Ferner ist es vorzugsweise möglich, mit diesem Gerät, das verschiebbar (elektrisch oder manuell) auf einem Schienensystem aufgebracht wurde, an verschiedenen Fassadenstellen Messungen vorzunehmen.

[0051] In einer vorteilhaften Ausgestaltung befindet sich mindestens eine Körperachse der Lichtquelle, mindestens eine Körperachse des Lichtsensors, mindestens eine Körperachse des ersten Arms, mindestens eine Körperachse des zweiten Arms sowie vorzugsweise mindestens eine Körperachse der Tragevorrichtung alle zusammen in derselben mathematischen Ebene. Dies resultiert in einer schmalen Messeinrichtung, welche nahe an der Wand für eine optimale, störungsarme Messung platziert werden kann.

[0052] Vorzugsweise ist der Lichtsensor ein Halbleiterdetektor zur Messung von Infrarotstrahlung, insbesondere umfassend eine Photodiodenzeile. Besonders bevorzugt ist ein Lichtsensor, umfassend eine Photodiodenzeile, insbesondere der durch mehrere Photodioden in einer Reihe auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere integriert, ausgebildet ist, die eine Photodiodenzeile bilden. Es hat sich gezeigt, dass derartige Lichtsensoren im Außenbereich besonders robust und zuverlässig arbeiten. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Messeinrichtung und/oder des Verfahrens zur Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit weisen daher einen solchen Lichtsensor auf.

[0053] Vorzugsweise umfasst die Messeinrichtung ein Thermometer, insbesondere ein berührungsfreies Infrarot-Thermometer.

[0054] Vorzugsweise gibt die Lichtquelle überwiegend, insbesondere zu mindestens 75 %, vorzugsweise mindestens 85 %, insbesondere bevorzugt mindestens 95 %, Strahlung im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 50 μm , bevorzugt Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich 820 nm bis 1,5 μm , vorzugsweise Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich 840 nm bis 1,0 μm , ab. Die vorstehenden Prozentzahlen zur Strahlung beziehen sich auf die Anzahl der von der Lichtquelle emittierten Photonen. Es hat sich gezeigt, dass diese Wellenlängenbereiche ein besonders stö-

rungsarmes Signal ergeben, insbesondere die Infrarotstrahlungsbereiche. Somit sind entsprechende Messeinrichtungen und entsprechende Verfahren zur Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit besonders vorteilhaft. Dies wird unter anderem darauf zurückgeführt, dass Sonnenlicht vorrangig in einem anderen Spektralbereich auftritt.

[0055] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass der Abstand auf und/oder in der Tragevorrichtung zwischen Lichtquelle und Lichtsensor 10 bis 200 cm, vorzugsweise 15 bis 100 cm, insbesondere bevorzugt 20 bis 60 cm, ganz besonders bevorzugt 30 bis 50 cm, beträgt, insbesondere dass der erste Arm und der zweite Arm der Tragevorrichtung so ausrichtbar oder so fest montiert sind, dass dieser Abstand erhalten wird. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass dieser - vergleichsweise große - Abstand in einem besonders störungsarmen Signal beim Lichtsensor resultiert. Umwelteinflüsse wie Regen und Sonne treten hier homogener auf. Durch den großen Abstand sind nicht einzelne Regentropfen maßgeblich, sondern der Regen als solches. Damit ist der Störeinfluss deutlich besser zu kompensieren. Ferner ist es wichtig, dass so Außenmessungen durchgeführt werden können, bei welchen die Messapparatur die Messung in dem Oberflächenbereich aufgrund des großen Abstand nicht beeinträchtigt, d.h. Regen und Sonne werden nicht durch Lichtquelle, Lichtsensor oder andere Vorrichtungen abgeschirmt. So kann über Langzeitmessungen tatsächlich ein repräsentatives Bild erhalten, welches es erlaubt den Oberflächenbereich unter der Einwirkung von Umwelteinflüssen über einen längeren Zeitraum zu beobachten.

[0056] Abstände im Sinne der Erfindung sind die kürzesten Abstände zwischen den Vergleichsobjekten. Der Abstand zwischen Lichtquelle und Lichtsensor ist also die minimale Länge, welche ein gedachter Faden benötigt, um von der Lichtquelle bis zum Lichtsensor zu reichen. Abstände zur Oberfläche bzw. zur Gebäudefassade werden grundsätzlich orthogonal zu Ebene der Fassade bestimmt. Vorzugsweise handelt es sich bei der Oberfläche bzw. Gebäudefassade um eine plane, jedoch nicht notwendigerweise absolut glatte, Fläche. Verputzte Fassaden weisen eine eindeutig bestimmbare Ebene auf, zu der sich der orthogonale Abstand bestimmen lässt, wobei der Putz eine gewisse Oberflächenrauigkeit bewirkt. Falls die Ebene ausnahmsweise nicht eindeutig bestimmbar ist, beispielsweise wenn die Fassade gekrümmt ist (z. B. ein halbkreisförmiger Erker einem Gebäude), ist der Abstand auch hier der kürzeste Abstand zur Fassade. Vorzugsweise ist die Gebäudefassade eine ebene Gebäudefassade, insbesondere eine strukturierte ebene Gebäudefassade.

[0057] In einer Ausgestaltung der Messeinrichtung und/oder des Verfahrens zur Messung und/oder Beobachtung der Feuchtigkeit ist es vorgesehen, dass die Lichtquelle eine hohe Leistung aufweist, insbesondere im Wattbereich. Vorzugsweise ist die Mindestleistung 1 Watt, insbesondere 5 Watt, insbesondere bevorzugt 10

Watt. Im Gegensatz zur Absorptionsmessung ist eine höhere Leistung mit einem besseren Messsignal verbunden. Bei der Absorptionsmessung kann eine zu hohe Leistung eher zu einer Übersättigung führen.

[0058] Vorzugsweise ist die Lichtquelle eine Pulslichtquelle, insbesondere mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, vorzugsweise 5 kHz bis 150 kHz, insbesondere bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz. Sonnenlicht weist eine solche Frequenz nicht auf, sondern ist kontinuierlich. Vorzugsweise weist der Lichtsensor einen Filter oder eine Datenverarbeitungseinrichtung zur Filterung auf oder ist mit einer Datenverarbeitungseinrichtung zur Filterung verbunden, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung und/oder der Filter die Pulsfrequenz nutzt, um das Sonnenlicht als Störsignal herauszufiltern. Hierbei kann es sich um einen elektronischen Filter handeln. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Messeinrichtung und/oder des Verfahrens zur Messung der und/oder Beobachtung Feuchtigkeit weisen daher eine solche Lichtquelle auf.

[0059] In einer anderen geeigneten Ausgestaltung wird eine kontinuierliche Lichtquelle eingesetzt.

[0060] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass der Lichtsensor mindestens einen optischen Filter umfasst, insbesondere einen Filter für sichtbares Licht. Vorzugsweise handelt es sich um einen Tageslicht-Sperrfilter, d.h. einen Filter der dazu ausgelegt und eingerichtet ist, Tageslicht nicht durchzulassen. Auch bevorzugt ist ein InfrarotFilter, d.h. einen Filter der ausgelegt und eingerichtet ist, vorwiegend nur Infrarotlicht durchzulassen. Ebenso sind Filterkombinationen bevorzugt, die eine entsprechende Wirkung erzielen. Entsprechende Filter und Filterkombinationen wurde bereits vorstehend diskutiert. Vorzugsweise weist der Lichtsensor einen Signalverstärker auf, der mit mindestens einem optischen Filter oder einer Filterkombination kombiniert wird.

[0061] In einer Ausgestaltung umfasst die Messeinrichtung eine Energiequelle in Form eines Akkus oder einer Batterie, wobei die Energiequelle ausgelegt und eingerichtet ist, die Messeinrichtung für mindestens 24 Stunden, insbesondere mindestens 240 Stunden, vorzugsweise mindestens 2400 Stunden, autark zu betreiben, vorzugsweise wobei 1 bis 3600 Messungen, insbesondere bevorzugt 1 bis 360 Messungen, ganz besonders bevorzugt 1 bis 20 Messungen, pro Stunde erfolgen. Es hat sich gezeigt, dass eine solche Messeinrichtung geeignet ist, um eine Langzeitmessung durchzuführen. Überraschenderweise ist die erfindungsgemäße Messeinrichtung sehr sparsam im Energieverbrauch, insbesondere bei Verwendung des oben beschriebenen Halbleiterdetektors, so dass Messungen über Wochen und Monate hinweg ermöglicht werden. Die Messeinrichtung ist einfacher und robuster als herkömmliche Systeme, so dass ein autarker Langzeit-Außeneinsatz hier in Frage kommt.

[0062] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung weist die Messeinrichtung eine Überdachung auf, welche diese vor Sonne und Regen schützt. Die Überdachung kann

sich dabei über die Lichtquelle, die Tragevorrichtung und/oder den Lichtsensor erstrecken. Vorzugsweise erstreckt sich die Überdachung zumindest über den Lichtsensor. Die vorstehende Ausgestaltung ist besonders für den dauerhaften Außeneinsatz geeignet.

[0063] Die Aufgabe wird auch gelöst durch eine Gebäudewand und eine Messeinrichtung, wie diese vorstehend beschrieben wurde.

[0064] In einer Ausgestaltung sind Messeinrichtung und Gebäudewand benachbart angeordnet, insbesondere mit einem Abstand von weniger als 100 cm, insbesondere bevorzugt weniger als 50 cm, ganz besonders bevorzugt weniger als 30 cm.

[0065] Vorzugsweise ist die Messeinrichtung an der Gebäudewand fixiert, insbesondere über ein Metallgerüst und/oder einen Metallarm und/oder die Tragevorrichtung der Messeinrichtung, welcher in der Gebäudewand verankert sein kann.

[0066] Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung der Messeinrichtung, wie sie vorstehend beschrieben wurde, für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit der Oberfläche eine Gebäudefassade, insbesondere mittels Änderung der Lichtintensität des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder des Reflexions- und/oder Streuungsgrades, vorzugsweise mittels Totalreflexion, besonders bevorzugt Infrarotlicht, an Flüssigkeiten, insbesondere Wasser. Dies betrifft insbesondere auch eine Gebäudefassade mit einem Rauputz mit einer Körnung von 0,1 bis 5 mm, vorzugsweise 0,2 bis 4 mm, insbesondere bevorzugt 0,3 bis 3 mm. Es hat sich gezeigt, die Messung trotz dieser Körnungen gute und verlässliche Ergebnisse liefert.

[0067] Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung der Messeinrichtung, wie sie vorstehend beschrieben wurde, für die Bestimmung der Gefahr eines Befalls mit Mikroorganismen, Algen und/oder Schimmel.

[0068] Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung der Messeinrichtung, wie sie vorstehend beschrieben wurde, für Dosierung von Bioziden für die Aufbringung auf Oberflächen, insbesondere von Gebäudefassaden, und/oder die Bestimmung des geeigneten Zeitpunkts für die Aufbringung von Bioziden auf Oberflächen von Gebäuden, insbesondere von Gebäudefassaden.

[0069] Die vorliegende Erfindung bietet ein Verfahren, mit welchem die Feuchtigkeit an der Oberfläche unabhängig von der Feuchtigkeit unterhalb der Oberfläche bestimmt werden kann. Insbesondere im Oberflächenbereich wechselt der Grad an Feuchtigkeit häufig, beispielsweise aufgrund der Wetterbedingungen. Hier hat sich mit dem vorliegenden Verfahren gezeigt, dass diese Wechsel an der Oberfläche messtechnisch über Langzeitmessungen verfolgt werden können, ohne dass die Umweltbedingungen im Messbereich bezüglich Sonne und Regen durch die Messung beeinträchtigt werden. Die so erlangten Informationen bieten eine wertvolle Hilfe bei der Entscheidung in welchen Mengen Biozide eingesetzt werden. Durch die Nutzung der Eigenschaft der Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexi-

on, und ggf. von störungsmindernden Maßnahmen wird eine sehr zuverlässige Messung ermöglicht. Vereinfacht wird die Messung noch durch die erfindungsgemäße Messeinrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Weiter vorteilhafte Ausgestaltungen werden anhand der Figuren erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung der Messanordnung des Verfahrens,

Figur 2 eine weitere schematische Darstellung der Messanordnung des Verfahrens,

Figur 3 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausgestaltung der Messeinrichtung in einer Frontalansicht, und

Figur 4 eine perspektivische Ansicht einer bevorzugten Ausgestaltung der Messeinrichtung,

Figur 5 eine Wiedergabe von Messergebnissen, die mit dem Verfahren erhalten wurden.

[0070] Figur 1 zeigt die Messeanordnung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden mit der Lichtquelle (2) und dem Lichtsensor (16). Eine Tragevorrichtung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht wiedergegeben. Der Lichtstrahl (6) der Lichtquelle (2) wird an Wasser, welches an der Oberfläche (4) der Gebäudefassade haftet, reflektiert und zwar in einem feuchten Oberflächenbereich (12), der durch den Kegel (8, 8') des Lichtstrahls (6) erfasst wird. Der aus der Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, resultierende reflektierte und/oder gestreute Lichtstrahl (14) wird durch den Lichtsensor (16) erfasst.

[0071] Figur 2 zeigt dieselbe Messeanordnung wie in Figur 1 mit der Lichtquelle (2) und dem Lichtsensor (16) sowie dem Lichtstrahl (6) der Lichtquelle (2) und dem reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahl (14). Der Lichtstrahl (6) trifft unter einem Einfallswinkel α auf den Oberflächenbereich und wird unter einem Streu- und/oder Reflexionswinkel β reflektiert und/oder gestreut. Vorliegend sind die Winkel gleich groß. Das reflektierte und/oder gestreute Licht, insbesondere Infrarotlicht, wird durch den Lichtsensor 16 detektiert. Der Lichtstrahl (6) entspricht der Richtung des einfallenden Strahlengangs und der Lichtstrahl (14) der Richtung des reflektierten und/oder gestreuten Strahlengangs. Der Abstand zwischen Lichtquelle und Lichtsensor A3 ist um ein Vielfaches größer als die jeweiligen Abstände A1 und A2 von Lichtquelle und Lichtsensor zur Oberfläche. Die Abstände zur Oberfläche werden orthogonal zur Oberfläche bestimmt.

[0072] Figur 3 zeigt die Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden (104), umfassend eine Lichtquelle (102) und einen Lichtsensor (116) und eine Tragevorrichtung (120) für die Lichtquelle (102) und den Lichtsensor (116), wobei

die Lichtquelle (102) an einem ersten Arm (130) der Tragevorrichtung (120) befestigt ist und der Lichtsensor (116) an einem zweiten Arm (132) der Tragevorrichtung (120) befestigt ist. Hierbei ist die Tragevorrichtung (120) so an der feuchten Oberfläche (104) einer Gebäudefassade angeordnet, dass der Lichtstrahl (106) der Lichtquelle (102) an einem feuchten Oberflächenbereich (112) durch Wasser, welches an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird und der reflektierte und/oder gestreute Lichtstrahl (114) nach der Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, auf den Lichtsensor (116) trifft. Im vorliegenden Fall weist die Tragevorrichtung einen Querbalken auf, auf welchem die Arme (130, 132) verschiebbar gelagert sind, wobei der Querbalken einen Bereich (118) für den ersten Arm (130) und einen gegenüberliegenden Bereich (122) für den zweiten Arm umfasst. Lichtquelle (102) und Lichtsensor (116) werden über stromführende Kabel (126, 124) mit Energie versorgt.

[0073] Figur 4 zeigt eine perspektivische Ansicht der Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden (204), umfassend die Lichtquelle (202) und den Lichtsensor (216) und die Tragevorrichtung (220) mit Querbalken mit einem Bereich (218) für den ersten Arm (230) und einen gegenüberliegenden Bereich (222) für den zweiten Arm (232). Hierbei ist die Tragevorrichtung (220) so an einem feuchten Oberflächenbereich (212) der Oberfläche (204) der Gebäudefassade angeordnet, dass der Lichtstrahl an dem feuchten Oberflächenbereich (212) durch Wasser, welches an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird und auf den Lichtsensor (216) trifft. Lichtquelle (202) und Lichtsensor (216) werden über stromführende Kabel (226, 224) mit Energie versorgt. Der Querbalken weist eine Schiene (234) auf, auf welche die Arme (230, 232) verschiebbar sind. Um den recht kurzen Abstand zur Wand zu verdeutlichen, wurde der Schattenwurf (236) der Messeinrichtung angedeutet.

[0074] Figur 5 zeigt beispielhaft den zeitlichen Verlauf bei einer experimentellen Messung der Amplitude des reflektierten und/oder gestreuten Lichts für einige Tage. Die Amplitude von 100 entspricht einer maximalen Feuchtigkeit, d.h. es wird auch eine maximale Menge an Licht reflektiert und/oder gestreut. Die Messung über mehrere Tage (die Mittagszeit ist jeweils angegeben) zeigt, wie die Feuchtigkeit variiert und durch die Amplitude der Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, beobachtet werden kann. Besonders vorteilhaft ist, dass der Einfluss von Umweltbedingungen durch die Messeinrichtung bzw. das Messverfahren nicht verändert werden.

[0075] Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Ansprüchen und in den Zeichnungen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung und/oder Beobachtung der Oberflächenfeuchtigkeit, insbesondere von Gebäudefassaden, in einem Oberflächenbereich, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

a) Anordnung einer Lichtquelle beabstandet von der Oberfläche, so dass der Strahlengang eines einfallenden Lichtstrahls, der durch die Lichtquelle erzeugt wird, unter einem Einfallswinkel α auf den Oberflächenbereich trifft, Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, des einfallenden Lichtstrahls an einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an dem Oberflächenbereich haftet, unter einem Streu- und/oder Reflexionswinkel β , so dass der Strahlengang eines reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls mit einer Lichtintensität, insbesondere einem Streuungs- und/oder Reflexionsgrad, ausgebildet wird,

c) Detektion des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls durch einen Lichtsensor, welcher im Strahlengang des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls angeordnet ist,

d) Auswertung des Ausgabesignals des Lichtsensors, wobei der Lichtintensität, insbesondere der Streuungs- und/oder Reflexionsgrad, des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls eine Oberflächenfeuchtigkeit zugeordnet wird und/oder wobei eine Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit über eine Änderung der Lichtintensität, insbesondere des Streuungs- und/oder Reflexionsgrades, des reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls verfolgt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Lichtquelle eine Pulslichtquelle, insbesondere eine Pulslichtquelle mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, vorzugsweise 5 kHz bis 150 kHz, insbesondere bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, ist und der Lichtsensor und/oder eine mit dem Lichtsensor verbundene Datenverarbeitungseinrichtung das Pulssignal von kontinuierlichen Störsignalen trennt, insbesondere mittels eines elektronischen Filters.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

Lichtsensor mindestens einen optischen Filter umfasst, insbesondere um Tageslicht und/oder sichtbares Licht im Wesentlichen vollständig oder überwiegend herauszufiltern, und/oder dass der Lichtsensor auf einen Wellenlängenbereich abgestimmt ist, insbesondere den Wellenlängenbereich der Lichtquelle.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprü-

- che, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Streu- und/oder Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Streu- und/oder Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 15° , insbesondere bevorzugt nicht mehr als 10° , beträgt.
- 5
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Streu- und/oder Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als $48,6^\circ$, insbesondere größer als 60° , vorzugsweise größer als 65° , ist.
- 10
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle eine Strahlung im Wellenbereich von 250 nm bis 50 μm abgibt, vorzugsweise überwiegend eine Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere bevorzugt 820 nm bis 1,5 μm , ganz besonders bevorzugt 840 nm bis 1,2 μm .
- 20
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtsensor eine Photodiodenzeile umfasst und/oder der Lichtsensor durch mehrere Photodioden, insbesondere in Reihe, auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere integriert, ausgebildet ist.
- 25
8. Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Fassaden, insbesondere an Gebäudefassaden, bevorzugt im Außenbereich, umfassend eine Lichtquelle und einen Lichtsensor und eine Tragevorrichtung für die Lichtquelle und den Lichtsensor, vorzugsweise wobei die Tragevorrichtung so an einer feuchten Gebäudefassade anordenbar ist, dass der Lichtstrahl der Lichtquelle an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird und nach einer Streuung und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, auf den Lichtsensor trifft, und insbesondere wobei die Lichtquelle überwiegend Infrarotstrahlung abgibt.
- 30
9. Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden nach Anspruch 8, bevorzugt im Außenbereich, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle an einem ersten Arm der Tragevorrichtung befestigt ist und der Lichtsensor an einem zweiten Arm der Tragevorrichtung befestigt ist, wobei die Tragevorrichtung so an einer feuchten Gebäudefassade anordenbar ist, dass der Lichtstrahl der Lichtquelle an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudefassade haftet, reflektiert und/oder gestreut wird, und nach einer Streuung
- 35
- und/oder Reflexion, insbesondere Totalreflexion, auf den Lichtsensor trifft, und wobei die Lichtquelle überwiegend Infrarotstrahlung abgibt, insbesondere die Tragevorrichtung so an einer feuchten Gebäudefassade anordenbar oder anordnet ist, dass Totalreflexion auftritt.
- 40
10. Messeinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung ausgelegt und eingerichtet ist, das Messverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen.
- 45
11. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtsensor ein Halbleiterdetektor zur Messung von Infrarotstrahlung ist, insbesondere wobei der Lichtsensor eine Photodiodenzeile umfasst und/oder der Lichtsensor durch mehrere Photodioden, insbesondere in Reihe, auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere integriert, ausgebildet ist.
- 50
12. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle Strahlung im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 50 μm , vorzugsweise mit einer überwiegenden Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere bevorzugt 820 nm bis 1 μm , ganz besonders bevorzugt 840 nm bis 1,2 μm , abgibt.
- 55
13. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand auf und/oder in der Tragevorrichtung zwischen Lichtquelle und Lichtsensor 10 bis 200 cm, vorzugsweise 15 bis 100 cm, insbesondere bevorzugt 20 bis 60 cm, beträgt.
14. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle eine Pulslichtquelle ist, vorzugsweise eine Pulslichtquelle mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, insbesondere bevorzugt 5 kHz bis 150 kHz, ganz besonders bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, und/oder dass der Lichtsensor mindestens einen elektronischen und/oder optischen Filter umfasst, insbesondere mindestens einen optischen Filter für sichtbares Licht.
15. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorzugsweise mindestens 240 Stunden, insbesondere bevorzugt mindestens 2400 Stunden, autark zu betreiben, insbesondere wobei 1 bis 3600 Messungen pro Stunde erfolgen.
16. Verwendung der Messeinrichtung nach einem der

Ansprüche 8 bis 15 für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit der Oberfläche eine Gebäudefassade, insbesondere mittels der Lichtintensität eines reflektierten und/oder gestreuten Lichtstrahls und/oder mittels dessen Reflexions- und/oder Streuungsgrad, insbesondere Infrarotlicht, an Flüssigkeiten, insbesondere Wasser und/oder für die Bestimmung der Gefahr eines Befalls mit Mikroorganismen, Algen und/oder Schimmel.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zur Messung und/oder Beobachtung der Oberflächenfeuchtigkeit von Gebäudefassaden in einem Oberflächenbereich, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

a) Anordnung einer Lichtquelle (2) beabstandet von der Oberfläche, so dass der Strahlengang eines einfallenden Lichtstrahls (6), der durch die Lichtquelle (2) erzeugt wird, unter einem Einfallswinkel α auf den Oberflächenbereich (12) trifft,

b) Reflexion des einfallenden Lichtstrahls (6) an einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an dem Oberflächenbereich (12) haftet, unter einem Reflexionswinkel β , so dass der Strahlengang eines reflektierten Lichtstrahls (14) mit einer Lichtintensität, insbesondere einem Reflexionsgrad, ausgebildet wird,

c) Detektion des reflektierten Lichtstrahls (14) durch einen Lichtsensor (16), welcher im Strahlengang des reflektierten Lichtstrahls (14) angeordnet ist,

d) Auswertung des Ausgabesignals des Lichtsensors (16), wobei der Lichtintensität, insbesondere der Reflexionsgrad, des reflektierten Lichtstrahls (14) eine Oberflächenfeuchtigkeit zugeordnet wird und/oder wobei eine Änderung der Oberflächenfeuchtigkeit über eine Änderung der Lichtintensität, insbesondere des Reflexionsgrades, des reflektierten Lichtstrahls (14) verfolgt wird,

wobei der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 15° beträgt, wobei der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als 45° ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Lichtquelle (2) eine Pulslichtquelle, insbesondere eine Pulslichtquelle mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, vorzugsweise 5 kHz bis 150 kHz, insbesondere bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, ist und

der Lichtsensor (16) und/oder eine mit dem Lichtsensor (16) verbundene Datenverarbeitungseinrichtung das Pulssignal von kontinuierlichen Störsignalen trennt, insbesondere mittels eines elektronischen Filters.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** Lichtsensor (16) mindestens einen optischen Filter umfasst, insbesondere um Tageslicht und/oder sichtbares Licht im Wesentlichen vollständig oder überwiegend herauszufiltern, und/oder dass der Lichtsensor (16) auf einen Wellenlängenbereich abgestimmt ist, insbesondere den Wellenlängenbereich der Lichtquelle.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 10° beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als $48,6^\circ$, insbesondere größer als 60° , vorzugsweise größer als 65° , ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (2) eine Strahlung im Wellenbereich von 250 nm bis 50 μm abgibt, vorzugsweise überwiegend eine Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere bevorzugt 820 nm bis 1,5 μm , ganz besonders bevorzugt 840 nm bis 1,2 μm .

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtsensor (16) eine Photodiodenzeile umfasst und/oder der Lichtsensor (16) durch mehrere Photodioden, insbesondere in Reihe, auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere integriert, ausgebildet ist.

8. Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden (104, 204) im Außenbereich, umfassend eine Lichtquelle (2, 102, 202) und einen Lichtsensor (16, 116, 216) und eine Tragevorrichtung (120, 220) für die Lichtquelle (2, 102, 202) und den Lichtsensor (16, 116, 216),

wobei die Tragevorrichtung (120, 220) so an einer feuchten Gebäudefassade (104, 204) anordenbar ist, dass der Lichtstrahl (6, 14) der Lichtquelle (2, 102, 202) an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudefassade (104, 204) haftet, re-

flektiert wird und nach einer Reflexion auf den Lichtsensor (16, 116, 216) trifft, und insbesondere wobei die Lichtquelle (2, 102, 202) überwiegend Infrarotstrahlung abgibt,

wobei der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 15° beträgt, wobei der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als 45° ist.

9. Messeinrichtung für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit an Gebäudefassaden nach Anspruch 8, bevorzugt im Außenbereich, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (2, 102, 202) an einem ersten Arm (130, 230) der Tragevorrichtung (120, 220) befestigt ist und der Lichtsensor (16, 116, 216) an einem zweiten Arm (132, 232) der Tragevorrichtung befestigt ist,

wobei die Tragevorrichtung (120, 220) so an einer feuchten Gebäudefassade (104, 204) anordenbar ist, dass der Lichtstrahl (6, 14) der Lichtquelle (2, 102, 202) an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudefassade (104, 202) haftet, reflektiert wird, und nach einer Reflexion auf den Lichtsensor (16, 116, 216) trifft, und wobei die Lichtquelle (2, 102, 202) überwiegend Infrarotstrahlung abgibt.

10. Messeinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung ausgelegt und eingerichtet ist, das Messverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.

11. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lichtsensor (16, 116, 216) ein Halbleiterdetektor zur Messung von Infrarotstrahlung ist, insbesondere wobei der Lichtsensor (16, 116, 216) eine Photodiode umfasst und/oder der Lichtsensor (16, 116, 216) durch mehrere Photodioden, insbesondere in Reihe, auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere integriert, ausgebildet ist.

12. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (2, 102, 202) Strahlung im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 50 μm , vorzugsweise mit einer überwiegenden Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere bevorzugt 820 nm bis 1 μm , ganz besonders bevorzugt 840 nm bis 1,2 μm , abgibt.

13. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand auf und/oder in der Tragevorrichtung zwischen Lichtquelle (2, 102, 202) und Lichtsensor (16, 116, 216) 10 bis 200 cm, vorzugsweise 15 bis 100 cm,

insbesondere bevorzugt 20 bis 60 cm, beträgt.

14. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lichtquelle (2, 102, 202) eine Pulslichtquelle ist, vorzugsweise eine Pulslichtquelle mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, insbesondere bevorzugt 5 kHz bis 150 kHz, ganz besonders bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, und/oder dass der Lichtsensor (16, 116, 216) mindestens einen elektronischen und/oder optischen Filter umfasst, insbesondere mindestens einen optischen Filter für sichtbares Licht.

15. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens 240 Stunden, insbesondere bevorzugt mindestens 2400 Stunden, autark zu betreiben, insbesondere wobei 1 bis 3600 Messungen pro Stunde erfolgen.

16. Verwendung der Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15 für die Bestimmung der Oberflächenfeuchtigkeit der Oberfläche einer Gebäudefassade, insbesondere mittels der Lichtintensität eines reflektierten Lichtstrahls und/oder mittels dessen Reflexionsgrad, insbesondere Infrarotlicht, an Flüssigkeiten, insbesondere Wasser und/oder für die Bestimmung der Gefahr eines Befalls mit Mikroorganismen, Algen und/oder Schimmel.

1. Verfahren zur Messung der Menge an Feuchtigkeit an einer Oberfläche von Gebäudefassaden in einem Oberflächenbereich, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

a) Anordnung einer Lichtquelle (2) beabstandet von der Oberfläche, so dass der Strahlengang eines einfallenden Lichtstrahls (6), der durch die Lichtquelle (2) erzeugt wird, unter einem Einfallswinkel α auf den Oberflächenbereich (12) trifft,

b) Reflexion des einfallenden Lichtstrahls (6) an einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an dem Oberflächenbereich (12) haftet, unter einem Reflexionswinkel β , so dass der Strahlengang eines reflektierten Lichtstrahls (14) mit einer Lichtintensität, insbesondere einem Reflexionsgrad, ausgebildet wird,

c) Detektion des reflektierten Lichtstrahls (14) durch einen Lichtsensor (16), welcher im Strahlengang des reflektierten Lichtstrahls (14) angeordnet ist,

d) Auswertung des Ausgabesignals des Lichtsensors (16), wobei der Lichtintensität, insbesondere der Reflexionsgrad, des reflektierten Lichtstrahls (14) einer Menge an Feuchtigkeit an einer Oberfläche zugeordnet wird und/oder wobei eine Änderung der Menge an Feuchtigkeit an einer Oberfläche über eine Änderung der

Lichtintensität, insbesondere des Reflexionsgrades, des reflektierten Lichtstrahls (14) verfolgt wird,

wobei der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 15° beträgt, wobei der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als 45° ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

die Lichtquelle (2) eine Pulslichtquelle, insbesondere eine Pulslichtquelle mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, vorzugsweise 5 kHz bis 150 kHz, insbesondere bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, ist und der Lichtsensor (16) und/oder eine mit dem Lichtsensor (16) verbundene Datenverarbeitungseinrichtung das Pulssignal von kontinuierlichen Störsignalen trennt, insbesondere mittels eines elektronischen Filters.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Lichtsensor (16) mindestens einen optischen Filter umfasst, insbesondere um Tageslicht und/oder sichtbares Licht im Wesentlichen vollständig oder überwiegend herauszufiltern, und/oder dass der Lichtsensor (16) auf einen Wellenlängenbereich abgestimmt ist, insbesondere den Wellenlängenbereich der Lichtquelle.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 10° beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als $48,6^\circ$, insbesondere größer als 60° , vorzugsweise größer als 65° , ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (2) eine Strahlung im Wellenbereich von 250 nm bis $50\text{ }\mu\text{m}$ abgibt, vorzugsweise überwiegend eine Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis $50\text{ }\mu\text{m}$, insbesondere bevorzugt 820 nm bis $1,5\text{ }\mu\text{m}$, ganz besonders bevorzugt 840 nm bis $1,2\text{ }\mu\text{m}$.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtsensor (16) eine Photodiode umfasst und/oder der Lichtsensor (16) durch mehrere Pho-

todioden, insbesondere in Reihe, auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere integriert, ausgebildet ist.

8. Messeinrichtung für die Bestimmung der Menge an Feuchtigkeit an einer Oberfläche an Gebäudewänden (104, 204) im Außenbereich, umfassend eine Lichtquelle (2, 102, 202) und einen Lichtsensor (16, 116, 216) und eine Tragevorrichtung (120, 220) für die Lichtquelle (2, 102, 202) und den Lichtsensor (16, 116, 216),

wobei die Tragevorrichtung (120, 220) so an einer feuchten Gebäudewand (104, 204) anordenbar ist, dass der Lichtstrahl (6, 14) der Lichtquelle (2, 102, 202) an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudewand (104, 204) haftet, reflektiert wird und nach einer Reflexion auf den Lichtsensor (16, 116, 216) trifft, und insbesondere wobei die Lichtquelle (2, 102, 202) überwiegend Infrarotstrahlung abgibt,

wobei der Reflexionswinkel β dem Einfallswinkel α entspricht oder die Abweichung des Reflexionswinkels β von dem Einfallswinkel α nicht mehr als 15° beträgt, wobei der Reflexionswinkel β und/oder der Einfallswinkel α größer als 45° ist.

9. Messeinrichtung für die Bestimmung der Menge an Feuchtigkeit an einer Oberfläche an Gebäudewänden nach Anspruch 8, bevorzugt im Außenbereich, dadurch gekennzeichnet, dass

die Lichtquelle (2, 102, 202) an einem ersten Arm (130, 230) der Tragevorrichtung (120, 220) befestigt ist und der Lichtsensor (16, 116, 216) an einem zweiten Arm (132, 232) der Tragevorrichtung befestigt ist, wobei die Tragevorrichtung (120, 220) so an einer feuchten Gebäudewand (104, 204) anordenbar ist, dass der Lichtstrahl (6, 14) der Lichtquelle (2, 102, 202) an Flüssigkeit, insbesondere Wasser, welche an der Gebäudewand (104, 202) haftet, reflektiert wird, und nach einer Reflexion auf den Lichtsensor (16, 116, 216) trifft, und wobei die Lichtquelle (2, 102, 202) überwiegend Infrarotstrahlung abgibt.

10. Messeinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung ausgelegt und eingerichtet ist, das Messverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.

11. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtsensor (16, 116, 216) ein Halbleiterdetektor zur Messung von Infrarotstrahlung ist, insbesondere wobei der Lichtsensor (16, 116, 216) eine Photodiode umfasst und/oder der Lichtsensor (16, 116, 216) durch mehrere Photodioden, insbesondere in Reihe, auf einem Chip zusammen mit Integrations- und Ausleseschaltung, insbesondere inte-

griert, ausgebildet ist.

12. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass 5
die Lichtquelle (2, 102, 202) Strahlung im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 50 μm , vorzugsweise mit einer überwiegenden Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm bis 50 μm , insbesondere bevorzugt 820 nm bis 1 μm , ganz besonders bevorzugt 840 nm bis 1,2 μm , abgibt. 10

13. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass
der Abstand auf und/oder in der Tragevorrichtung zwischen Lichtquelle (2, 102, 202) und Lichtsensor (16, 116, 216) 10 bis 200 cm, vorzugsweise 15 bis 100 cm, insbesondere bevorzugt 20 bis 60 cm, beträgt. 15

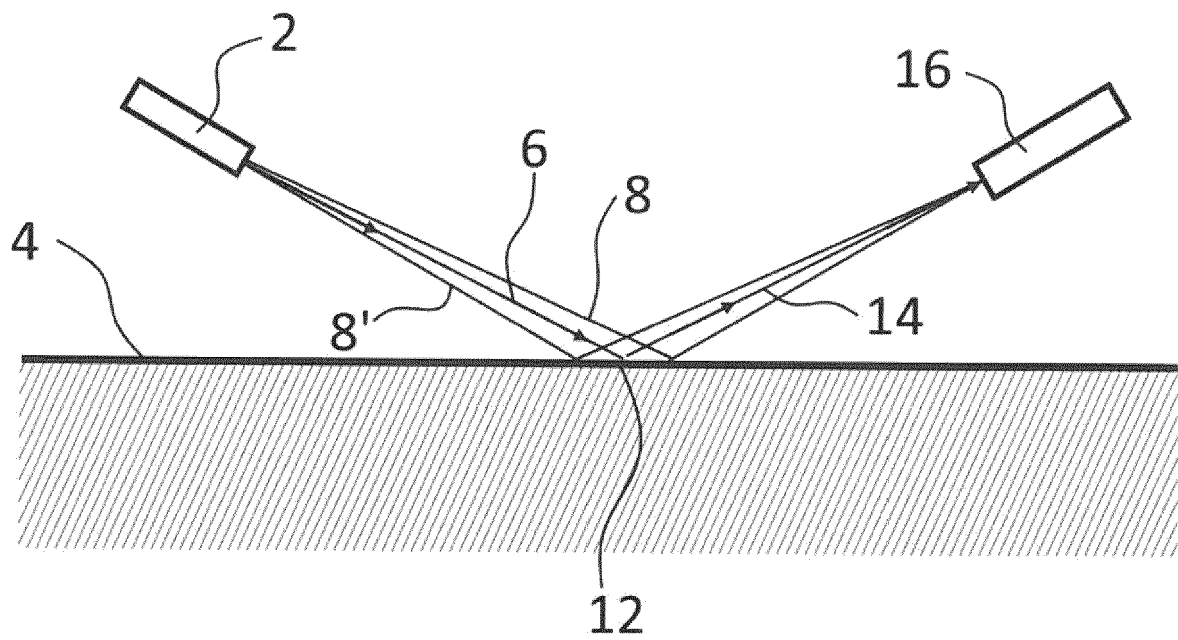
14. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass 20
die Lichtquelle (2, 102, 202) eine Pulslichtquelle ist, vorzugsweise eine Pulslichtquelle mit einer Pulsfrequenz von 1 kHz bis 300 kHz, insbesondere bevorzugt 5 kHz bis 150 kHz, ganz besonders bevorzugt 10 kHz bis 70 kHz, und/oder dass der Lichtsensor (16, 116, 216) mindestens einen elektronischen und/oder optischen Filter umfasst, insbesondere mindestens einen optischen Filter für sichtbares Licht. 25 30

15. Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens 240 Stunden, insbesondere bevorzugt mindestens 2400 Stunden, autark zu betreiben, insbesondere wobei 1 bis 3600 Messungen pro Stunde erfolgen. 35

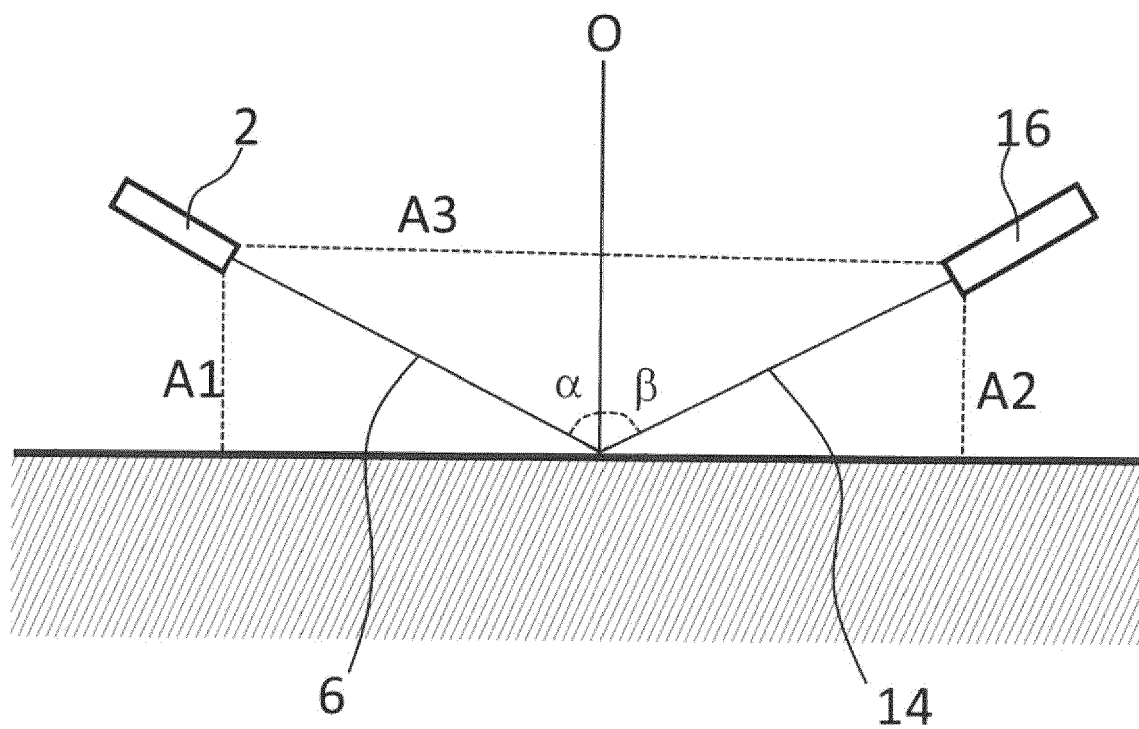
16. Verwendung der Messeinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15 für die Bestimmung der Menge an Feuchtigkeit an einer Oberfläche der Oberfläche einer Gebäudefassade, insbesondere mittels der Lichtintensität eines reflektierten Lichtstrahls und/oder mittels dessen Reflexionsgrad, insbesondere Infrarotlicht, an Flüssigkeiten, insbesondere Wasser und/oder für die Bestimmung der Gefahr eines Befalls mit Mikroorganismen, Algen und/oder Schimmel. 40 45

50

55



Figur 1



Figur 2

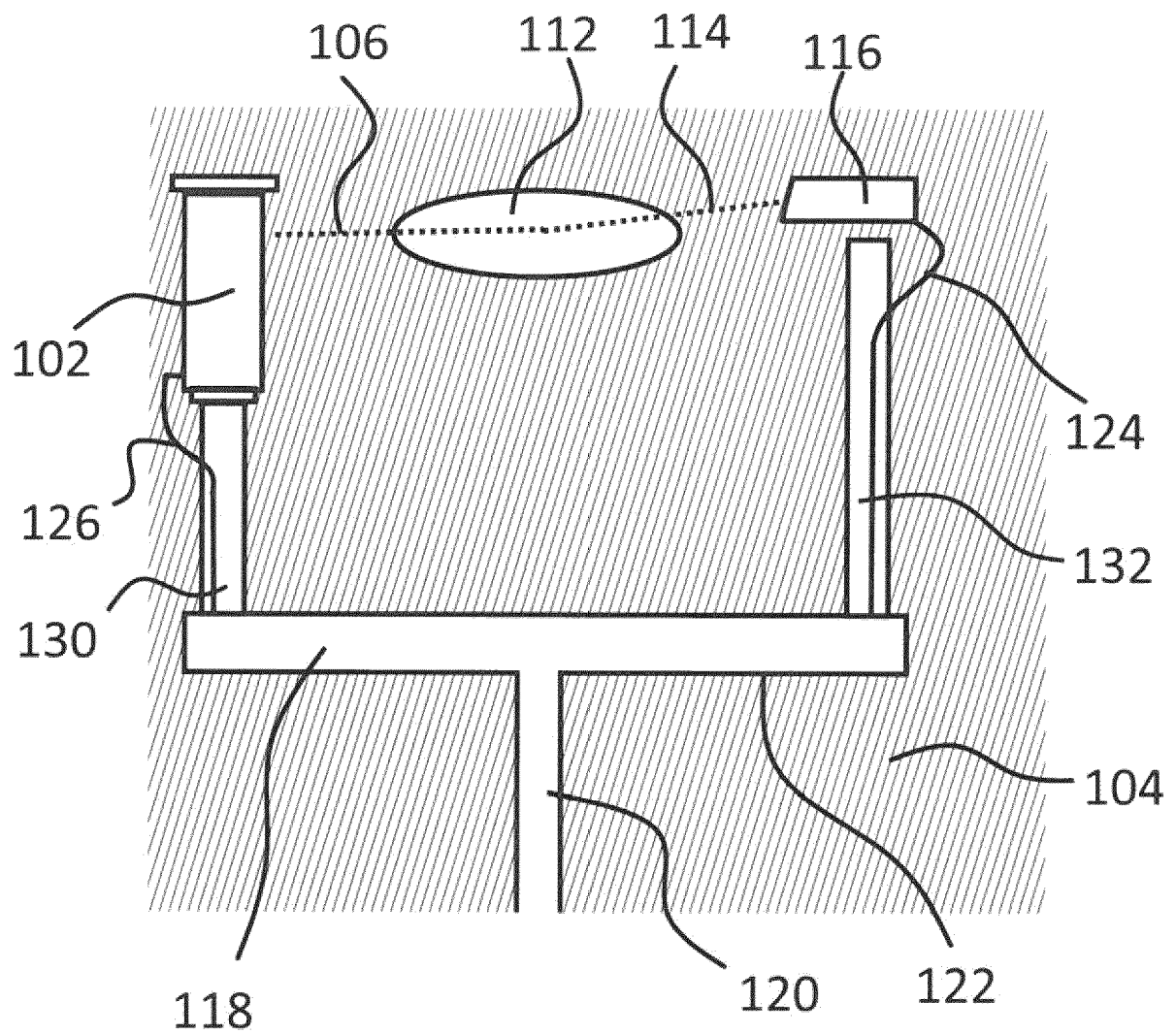
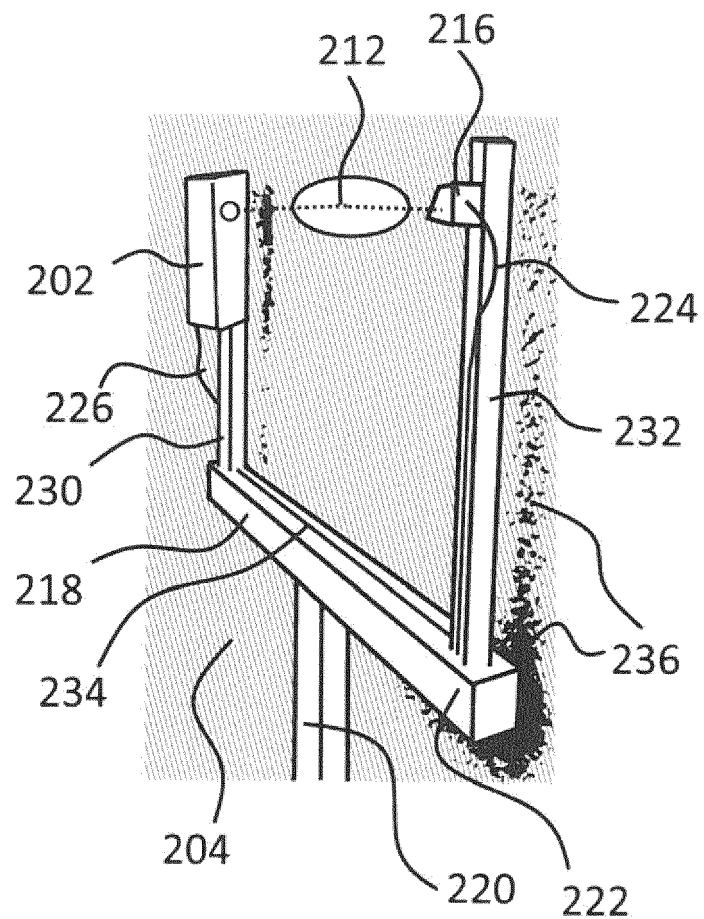
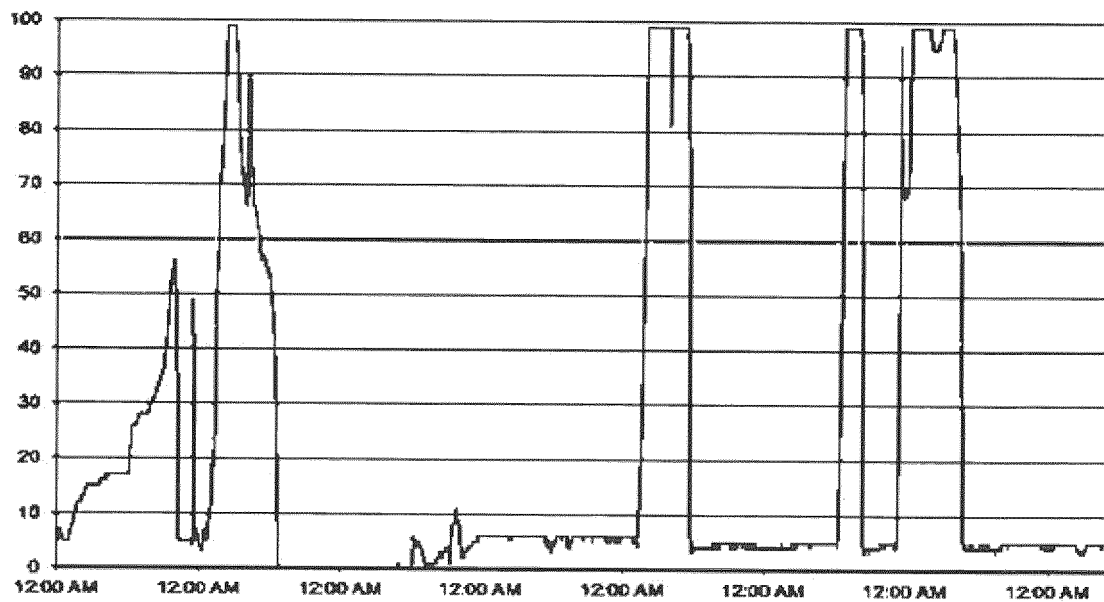


Figure 3



Figur 4



Figur 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 18 8019

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2012/140233 A1 (ROCKWELL THOMAS L [US] ET AL) 7. Juni 2012 (2012-06-07) * Absätze [0002], [0003], [0012], [0025], [0028], [0059], [0062], [0068], [0087], [0091] * * Absatz [0064]; Abbildungen 1A, 1B, 12, 14 *	1-4, 6-8, 10-12, 14-16	INV. G01N21/3554 G01N21/47 G01N21/552 G01N21/55
X	GB 1 404 573 A (VICKERS LTD) 3. September 1975 (1975-09-03) * Seite 1, rechte Spalte, Zeilen 9, 10 * * Seite 2, Zeilen 100-103, 105-107 * * Seite 2, Zeilen 68 - 72, 112, 123 - 127; Abbildungen 1, 2 *	1, 2, 4, 5, 8	
X	WO 2015/060910 A1 (UNIV MICHIGAN [US]) 30. April 2015 (2015-04-30) * Absätze [0002], [0040], [0052], [0059]; Abbildungen 13B, 13C *	8, 9, 11, 13, 15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Januar 2018	Prüfer Brauer, Jan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 18 8019

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-01-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2012140233	A1	07-06-2012	EP 2649422	A1	16-10-2013
				US 2012140233	A1	07-06-2012
				WO 2012078192	A1	14-06-2012
15	-----					
	GB 1404573	A	03-09-1975	BE 786664	A	16-11-1972
				CH 570617	A5	15-12-1975
				DE 2236710	A1	22-03-1973
				FR 2147694	A5	09-03-1973
20				GB 1404573	A	03-09-1975
				IT 964782	B	31-01-1974
				LU 65781	A1	28-11-1972
				NL 7210281	A	30-01-1973

25	WO 2015060910	A1	30-04-2015	US 2015120093	A1	30-04-2015
				WO 2015060910	A1	30-04-2015

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3724160 A1 [0004]
- DE 19520035 C1 [0005]
- DE 102007049285 A1 [0006]
- DE 19752572 A1 [0007]
- DE 19752572 [0007]
- DE 4040101 A1 [0008]